当代世界科技

美国海上平台成功回收火箭的启示

□ 许汇文

2016年4月9日，SpaceX（美国太空探索技术公司）成功在大西洋海上平台回收“猎鹰9号”一级火箭，这是人类历史上首次在海上实现火箭回收。这次成功不但证明海上回收火箭技术是可行的，也将使人类进入太空的成本大幅度降低，廉价太空时代已越来越近。

太空探索技术公司火箭发射与回收的历史回顾

第一次发射失败。2006年3月24日，“猎鹰1号”发射，大约25秒后，火箭失控坠落地面，原因是一枚铝制的B型螺母因为在夸贾林高含盐量的空气中存放数月被腐蚀，发生了松动。第二次发射失败。2007年3月21日，“猎鹰1号”从发射台上一跃而起，一级火箭解体后一切顺利，但后来由于推进燃料逐渐被消耗，剩余燃料在罐子里来回旋转晃动，火箭开始摆动，设备失控解体，最后爆炸。第三次发射失败。2008年8月2日，这次的“猎鹰1号”虽更换了新版的、调整过冷却系统的“默林一号”引擎，但30秒后，当一级箭体和二级箭体进行分离时，火箭突然发生故障，发射再次失败。第四次发射成功：“猎鹰1号”创造了历史。2008年9月28日，“猎鹰1号”第四次发射，一级箭体脱离后，二级箭体“茶隼”载着虚拟货物按照计划开始了长达6分钟的燃烧。整流罩在发射后3分钟时打开并落回地面。最终，在9分钟的旅途过后，“猎鹰1号”按照计划停止工作。

第一次海上回收失败。2015年1月份，第1次尝试回收的火箭箭体降落时重重地砸到了回收船上。第二次海上回收失败。2015年4月份，第2次回收试验几乎取得成功，火箭慢慢地垂直着陆在海上平台上，但火箭在接触平台时没有稳定，最终倾倒爆炸起火。第三次海上回收失败。2015年6月，火箭发射升空2分钟后爆炸解体。第四次海上回收失败。2016年3月，第4次尝试回收火箭箭体，但火箭没有站稳，倾倒爆炸。第五次海上回收成功。2016年4月9日（美国时间）第5次尝试回收火箭箭体，火箭一级与二级分离，第二级火箭继续助推“龙飞船”进入轨道，一级火箭升空9分钟后，在实时数据自行调控下完美降落在写有“当然我仍然爱你”字样的海上平台上。

海上平台成功回收火箭的意义

拓展军事运用空间。2015年12月，太空探索技术公司曾经在佛罗里达卡纳维拉尔角对“猎鹰9号”成功进行过地面回收。在陆地平台回收，就如同让你扔一根铅笔飞过帝国大厦楼顶，然后让其在暴风雨中返回落在一个鞋盒上；而海上回收，就如同让铅笔飞过帝国大厦楼顶后，精准落在一块漂浮的橡皮上面，而且不能倒。火箭海上定点回收技术的重大突破为未来在精准投放、精准打击和定点清除等军事运用和武器装备方面打开了不可想象的发展空间。

大幅降低创新成本。由于飞行轨道和惯性，火箭的降落点往往离发射点有很远的距离，所以飞回陆地着陆场会需要额外耗费大量燃料，增加成本。而最节省燃料的回收方式就是将回收平台搭建在火箭的自然落点附近，这往往是在海上。相比此前的陆地回收技术，海上回收技术再一次把成本节省做到了极致。所以尽管海上回收比陆地回收难度大得多，但是火箭发射成本更低，更具有现实意义。

开发火箭商用发射市场。太空产业有一个理论：如果一家公司能够大幅降低每次发射的成本，并定期进行发射，则将会为商用和科研使用有效载荷打开一个全新的市场。

这次火箭回收的成功，意味着火箭很有可能被重复利用并承担多次发射功能。按照估算，“猎鹰9号”火箭的制造成本高达6000万美元，燃料成本仅为20万美元，即使加上回收后的维修费用，完全有可能把火箭发射报价降到现在的1/20。这次火箭海上平台成功回收技术创新形成的技术发明也必将进一步推动新一轮科技创新和美国经济的发展。

火箭海上平台成功回收的启示

科技创新需要顺应国家发展战略并符合市场规律。NASA在SpaceX崛起中起到了决定性的作用。2006年8月NASA在SpaceX资金流即将枯竭之际，宣布授予2.78亿美元以供SpaceX进行新型助推火箭的研发。SpaceX利用这笔资金开发了今天完成水上回收的“猎鹰9号”火箭。2008年12月，在SpaceX“猎鹰1号”第四次发射成功后，NASA选择了SpaceX成为国际空间站的供应商，并向SpaceX支付了12次运输费用，也得以让SpaceX从破产的边缘挣脱出来。

NASA之所以选择SpaceX为合作伙伴，原因之一是冷战结束后美国太空计划放缓，不仅航天飞机项目被取消，把人类送上太空进行太阳系探索的计划也一再超出预算并被延期。与此同时波音和洛克希德·马丁公司联合创建的联合发射同盟公司费用高昂，使得NASA希望找到一家私有企业进行合作。而正是这种既顺应国家发展战略又符合市场



规律的路径选择成就了SpaceX的成功。

科技创新需要发现和培养一批有梦想与激情、同时又敢于挑战困难的科技企业家。马斯克个人的远见卓识是SpaceX成功不可缺少的重要一环。马斯克创建SpaceX的初衷是寻找一个廉价的解决方案把人类送上火星进行移民，他认为成本应该被用来当作评判航天宇航领域每一项技术进步的标准。然而在访问俄罗斯寻求购买火箭可能性的过程中，发现他所寻找的低成本火箭根本不存在。出于企业家的本能和梦想家的乐观精神，决定在2002年建立自己的公司以寻求解决方案。

面对困难的决心和勇气则是马斯克制胜的另一大特质。航天领域成本高昂，风险巨大，马斯克虽然投入了自己几乎所有的资本，其他投资者也投入了一定的资金，但SpaceX还是曾一度濒临死亡的绝境。SpaceX最初的资金只够公司进行3—4次发射试验，且前三次实验全部失败，直到背水一战的第四次实验才取得成功，重新赢得了投资人和用户的信心，并在这之后得到了NASA的救命合同。有梦想、有激情、在重大风险面前勇于贯彻自己的理念是马斯克成功的关键，也是企业家推进科技创新的必备素质。

科技创新需要充分发挥民营科技企业的灵活机制和整合创新要素能力。马斯克认为，隶属政府的航天宇航机构，因其复杂的层级结构和官僚作风造成了航天技术成本居高不下，而解决方案就是将航天技术商业化。用商业上成熟高效的管理手段替代政府机关复杂迂腐的规章流程，用扁平灵活的企业结构代替官僚迟滞的大型机构。他曾在跟NASA的人员交流时说，合作必须以保持SpaceX独立性为基础，如果NASA增派一个人员对SpaceX进行监督指导，他就把对NASA的要价提高一倍。

马斯克还认为通过垂直整合，消除传统的航天企业中间层供需合作，把航天器械生产流程的每一环节整合在一家企业，这样的超级工厂不仅整合了上下游产业链也能够大大提高效率。此外，由于马斯克的IT背景，SpaceX还在航天技术研发过程中大量借鉴了软件工程的概念。比如在火箭设计上SpaceX应用了很多模块化设计思想，SpaceX最初用于实验的“猎鹰1号”火箭搭载一台Merlin发动机，而这次进行水上回收的“猎鹰9号”火箭则搭载9台Merlin 1C改进型引擎。这种由简单模块堆叠成复杂系统的思路使得火箭制造标准化，设计灵活性大大提升，进一步降低了成本。

科技创新需要雄厚的工业基础与完善的产业链。SpaceX公司并不是白手起家。其成功得益于美国空天局和美国空军过去数十年时间里对航天工业的巨额投资，美国航天工业具有世界上最高的技术水平和最完善的产业链，还有数量众多经验丰富的工程人员。SpaceX还大量使用成熟技术和成熟设备，SpaceX公司目前的主力发动机灰背隼1至关重要的喷注器来自于阿波罗计划登月舱下降段发动机，发动机整体设计也源自天合汽车集团，SpaceX公司推进部门副总裁就是天合汽车集团公司的核心设计师之一。SpaceX的搅拌摩擦焊更是大路货，只需要直接购买相关设备即可，这在很大程度上降低了火箭的开发费用。

科技创新需要金融创新的大力支持。创业之初，不包括马斯克自己投入的资金，SpaceX一共获得了3.5亿美元的私募投资，这些资金在SpaceX发展初期为SpaceX能够存活下来起到了巨大作用。相比而言，SpaceX曾经的竞争对手RpK就没有那么幸运了，这家当年和SpaceX一起被NASA选中的航天公司因为没能够从纽约对冲基金及养老基金投资者处获得资金，不得不在随后宣布破产。与纽约略显保守的金融家相比，来自硅谷的科技巨头们显然对于投资高风险高回报的新兴产业更有激情和开放的态度，这也再次印证为什么硅谷多年来一直是全球创新创业的中心。

电磁舰炮将推动“大舰巨炮”螺旋回归

□ 宫春科

美国海军采办中心助理部长在提交参议院军事委员会的证词中给出了首艘级航母“福特”号服役的时间表。据该时间表，其“福特”号航母（CVN 78）计划于2016年9月交付。该航空母舰排水量达10万吨，长335.28米，耗资129亿美元，是美国迄今为止建造的最昂贵战舰。该型航母和其前辈最明显的不同就是，它将用电磁弹射系统取代传统的蒸汽弹射系统。其实，这个消息并不只是意味着弹射方式的新变化，还暗含着打击功能的新拓展，那就是和电磁弹射具备同一原理甚至可以使用同一装置设备的电磁轨道炮诞生之必然。此炮非彼炮，但实用性电磁炮的运用却意味着在海战中日益被导弹边缘化的舰炮的地位将发生根本变化，这将是海战史上又一次跨时代的革命，将影响推动战争形态的升级换代。

新型电磁弹射核动力航母是电磁炮实战部署的最佳平台

目前，电磁炮还存在耗电量大、炮管使用寿命短、轨道部件易受损坏、体积大、伪装、隐蔽困难等不足，机动不便等缺点，正因为如此，体积大、载重量大、机动性强、动力充足的新型舰船将成为其一展身手的首选。

由此，电磁炮上舰的工作，一直由美国海军紧锣密鼓的部署测试。美国海军海上系统司令部发言人马特·莱昂纳德则称，在2016年对电磁炮进行海上演示的计划还未取消。这其实并非什么秘密。最早计划装备电磁炮的当然是美国海军最新型驱逐舰“朱姆沃尔特”级驱逐舰（DDG 1000）。该型隐形战舰设计可提供78兆瓦的综合电力系统，具有给推进系统、传感器和武器系统供电的能力。长期以来，DDG 1000被视为电磁炮、激光武器等新型高能耗武器的理想平台。2015年12月，该型舰开始海试，其前甲板上有2门155毫米舰炮，第二个炮台位置未来可能安装电磁导轨炮。有消息人士称，美国海军正在考虑在第三艘“朱姆沃尔特”级驱逐舰“林登·约翰逊”号（DDG 1002）的2号主炮位置安装电磁炮，并以此作为电磁炮首次海上测试的优先选项。目前DDG 1002驱逐舰正在巴斯钢铁公司造船厂进行建造，该舰将在炮台位置安装2门155毫米口径先进舰炮系统。

虽然目前没有关于在福特号航母上安装实用性电磁炮最新消息，但可以肯定的是，福特级航母加装电磁炮不仅仅是因为体积更大，全电核动力电力更充足持续稳定，更值得关注的是，福特级航母将加装电磁弹射系统取代蒸汽弹射系统，这无疑给电磁炮进入福特级航母提供了更好的条件。因为电磁弹射与电磁轨道炮动力原理是完全相同的，从本质上讲，只是弹射的物体不同罢了，前者弹射的是飞机，而后者弹射的则是特种弹丸，电磁弹射系统的发展，完全可以实现一个系统两种作用，这是不需要加装电磁弹射的其他舰船所无法取代的优势。因此可以推测，伴随着电磁弹射系统在福特号航母上的广泛运用，电磁轨道炮很有可能率先在该型航母上形成战斗力，让新型福特航母在拥有先进战机这项击敌利器的同时，又多了一个更厉害的进攻型武器。

电磁炮将取代传统火炮成为新的战争之神

电磁炮较之于传统火炮，如同近现代的坦克和古代的马拉战车，虽然形似，但作战机理和功能作用却发成了质的变化。传统火炮要借助火药来发射弹丸，其所用固体发射药或液体发射药都是以燃烧气体膨胀做功形式赋予弹丸初速度的，因此，增加发射药量一直是提高弹丸初速的主要途径。但火炮药室尺寸的增大及炮管的长度均要受到限制，所以传统火炮的最大初速难以超越特定的物理限度，因此，传统火炮想进一步提高性能便遇到难以逾越的障碍。电磁炮是利用电磁力，即洛仑磁力推进弹丸或其他投体，用强大的脉冲电流使金属等离子化，在炮身引起超高药理而把弹丸发射出去。

和普通火炮相比，电磁炮具有多项优点：首先，它完全摆脱了传统火炮最大初速无法超越特定物理限度的“瓶颈”束缚，此外，它还具备射速快、动能大、射程远、距离可调，弹体运行可制导、精度高、成本低廉等特点，摆脱了对火药的依赖让电磁炮射击时无炮口焰、雾、炮声小，不用担心炸膛或弹仓被击中引爆等后顾之忧，隐蔽性好，安全性更高，是能够有力杀敌并有效防护的新兴利器。电磁炮可以安装到陆基、海基、空（天）基等各种作战平台，对各种类型的导弹、地面装甲目标、海上舰船、空中飞行器乃至大气层外的卫星空间站也能构成强有力打击反制能力，并可作为己方飞行器的发射装置，适应性比传统火炮更强，应用领域比普通火炮更加广泛。中国、美国、日本等多国科学家经过一个多世纪的研究和实验，电磁炮技术已经取得长足地发展进步，先后发展成线圈炮、轨道炮、重接炮等多个炮种。美国海军成功试射超电磁，其炮弹速度达到5倍音速，射程远达110海里（204公里），产生电能达330万焦耳，创下新的世界纪录。

电磁舰炮实战运用将实现战争形态又一个螺旋回转

相对于传统火炮，电磁炮还是成长中的新事物，现存的各种短板和缺陷只是成长中的烦恼，根本无法阻止它从开始取代传统舰炮到完全取代传统火炮而走向未来战场，成为新的战争之神的步伐。历史总是似曾相识但本质突变的螺旋式上升的。早在战国时代被赵武灵王用胡服骑射建立骑兵淘汰的战车在一战二战中以加装火炮装甲机枪和履带的坦克样式实现螺旋上升式回归。同样，曾经舰炮称王的大舰巨炮时代在飞机、航母和反舰导弹的兴起中退出中心地位，但依旧是军舰区分于民用船只的基本标志，发挥着其他舰载武器不能替代的辅助作用。实用型电磁炮将取代火炮成为未来新型军舰舰炮，将对舰船、飞机导弹甚至是卫星构成巨大威胁，从而唤醒复活战列舰，让海域空天重回大舰巨炮的时代，有着划时代的意义。

在这个看似回归，实乃质变的螺旋上升过程中，我们一定要用全面发展辩证的观念去看待这一新生事物暂时的短板缺陷和发展趋势，要以满清萨尔浒战役成功后的保守自骄为诫。满清在入关以前的萨尔浒战役中，利用弓箭采取大仰角发射的办法，战胜了射程不足的明军火器部队——神机营，侥幸地赢得了胜利，并以此为转折点最终入主中原。自始至终不重视火枪火炮发展的八旗兵和绿营部队最终在洋枪洋炮中惨败而亡。对待电磁炮等新概念武器，从观念到行动上都要能够以史为鉴，汲取清朝政府的教训，既要有鉴别发现创造新事物的能力，又要有宽容辩证看待全面看待新事物成长阶段不足的耐心，更要能够博采众长、敢于尝试、舍得投入，不惧挫折的实际行动和承受力。在具有中国特色的新军事变革中承接传统、顺势而为、大胆跨越、勇于创新，以科技装备技术的创新发展、跨越式发展为牵引，带动作战思想、指挥理念、战略战术的转变，推进体制编制的优化组合，进一步提高捍卫主权和领土完整的能力。

当代世界军事

网络空间的国界在哪

□ 袁艺

为维护网络空间日益拓展的国家利益，适应网络空间政治和军事斗争的需要，网络主权、网络国防、网络边疆、网络军控、网络霸权、网络侵略等一系列与网络空间相关的政治、军事、法律概念相继提出，而要真正廓清上述概念，最首要的是要清晰地划分国与国之间的网络空间边界，明确界定网络空间中各个国家利益的范围。由于网络空间是一种虚实结合的技术空间，不具有传统陆、海、空、天等实体空间的有形、明晰、稳定、刚性、相对不变和排他性等典型特征。划定网络空间的国家边界，不能简单套用传统适应于实体空间的国际法条文，而应结合网络空间的特点进行具体分析。

目前，对于网络空间的边界问题有两种截然不同的代表性观点。一种观点认为，网络空间与太空、公海一样，是全球公域，没有国与国之间的边界，因此各国有权以和平的方式利用网络空间，在网络空间中宣示主权的行为无效。另一种观点则认为，网络边疆现实存在，包括有形与无形两个部分。有形部分，包括国家的网络基础设施和金融、电信、交通、能源等核心网络系统；无形部分，即国家专属的互联网域名及其域内。这一种观点的典型代表是2013年3月北约网络防御卓越中心合作组织正式推出的《网络战适用国际法塔林手册》（以下简称《塔林手册》）。《塔林手册》认为：一国有权对其主权领土内的网络基础设施和活动行使控制权；在不违背相应国际义务的情况下，一国对在其属地内从事网络活动的人员、位于其属地内的网络基础设施、根据国际法在属地范围以外享有管辖权的人员或基础设施行使管辖权；位于国际空域、公海或者外层空间的飞机、船只或其他平台上的网络基础设施，其管辖权属船旗国和注册国；对于享有主权豁免的平台，无论其位于何处，一国对该平台上的网络基础设施的任何干扰都构成主权侵犯。《塔林手册》对国家网络利益范围划分进行了初步探索，但其仍是从地理意义上对网络基础设施和人员等网络实体部分划分了网络边界，没有充分考虑到网络的互通性特点，也没有对网络的虚拟部分进行划界。

由于网络空间既包括以互联网为主的民用网络，又包括以作战网络为主的军用网络；既包括可以自由访问的互联网媒体、商业等公开网站，又包括需要授权访问或绝对禁止访问的关键业务网，其构成具有复杂性和多样性。因此，其一，网络空间应有国家边界，并非完全的全球公域。网络设备设施所在地有国界，网民有国别，网络公司有注册国属性等。不同国家在网络空间都有自身独立的网络利益，和实体空间利益一样，是不容侵犯的。其二，不能完全按网络设备设施所在地确定网络边界。否则，由于互联网多数根服务器和大量企业服务器都位于美国，大多数互联网都应算为美国的“网络领土”，这显然是不合理的。其三，不能以信息资源多寡、网络人口数量、网络经济规模等来划分网络边界。例如，由于互联网信息资源大多数为英文资源，中文资源很少。按信息资源多寡划分，中国的“网络领土”只有很小一部分。但中国又是网民最多的国家，按网民数量来划分，中国应是“网络领土”最为辽阔的国家。

综合考虑网络空间的本质属性、技术特征等，不难看出，一个国家的网络权力和利益主要体现在网络访问权限上，正是访问权限决定了谁享有网络中的信息资源、信道资源和计算资源等网络利益。因此，以网络访问权限作为网络空间的划界标准比较合理。

借鉴国际上对海洋的通常划界方法，以网络访问权限作为网络空间划界标准，可将网络空间划分为“公网”“领网”和“专属网”三部分。“公网”对应“公海”，是指国际互联网上，不受国界限制，各国公民均可以自由随意访问的新闻网站、社交网站、公共组织网站等，是属于全球公域的一种。不仅中国人可以访问，外国人也可以访问。“领网”与“领土、领海、领空”相对应，是指工业控制网、政府内网、金融内网、电力内网、军队内网等实施严格物理隔离或逻辑隔离的各类网络，未经授权绝对禁止访问，擅自进入即视为侵犯了一国的网络主权。“专属网”对应“专属经济区”，介于“领网”和“公网”之间，是指各类网络中用于网络商务、网络金融、网络政务、设备远程网络诊断等作用的逻辑隔离网络区域，是网络中需要与外界交互信息，但又严格控制其访问权限的部分。例如，各大银行的外网，只对本银行的用户开放办理各种网上业务，但不得越权操作，其他非本银行用户不得访问。

以网络访问权限为标准，清晰划定国家的网络边界，对于如何科学合理地界定一个国家的网络主权，如何判断一国对另一国实施了网络入侵，如何对网络冲突和争端进行国际仲裁等，都提供了一条具有可操作性的思路，值得深入研究。

军事理论